2002/9/1
改定　2010/12/1

機械の基礎Ｂ：電気

はじめに

機械情報工学の基礎は「数学」、「物理」である。大学生に求められている能力は「理解力 (ソフト)」に加えて「創造力 (ハード)」等の向上が必要と指摘されている。現に、諸君を待ち受ける企業では「創造的力量のある人材」が求められ、学生時代の「能力アップ」が必要である。

機械情報技術を通して、

現象の理解 → 自分自身のアタマで考える → 応用力の涵養

を期待している。そのためには**論理的に物事を考える**習慣が要求される。

この実験の参考図書

- 中学校　「技術・家庭」教科書
- 高等学校　「物理 II」、「物理 IB」等の教科書.
- 工業高校　「電気基礎」教科書

この他に、トランジスタ技術 (CQ 出版)、他の専門書 (電子計測・電気計測などの書籍)

参考 URL

`http://www.comb.kokushikan.ac.jp/~ken/subj/kisoB/elec/` に参考となる情報を掲示します。

事前レポート提出

- 事前レポート課題 ＝＞ 本冊子に記入したもの
- 事前レポート提出期限 ＝＞ 授業の開始直前。指定した教室で集める。

事前レポートの不提出

レポートの不提出学生の授業出席は認めない (受講放棄扱いとする)。

事前レポートを再提出・修正のために返却された場合提出の指定時刻を過ぎた時点で「自動的に不受理」扱いとし、別途 再事前レポートを課し、再実験を指定日に行う.

事前レポートについての注意事項

1. ワープロの使用を勧める。可能な限り図表もワープロで書くこと。
2. ホームページのプリント、書籍などのコピーの添付は不可。ただし、引用は可であるが、出典を「引用文献」として明確にしなければならない。

実験について

実験の服装、時間、場所については別紙実施要領参照にすること。

実験レポート (報告書) についての注意事項

1. レポートの作成方法

   http://www.eg.kokushikan.ac.jp/tech-j/Ug/mech/ を参照すること、および、この冊子の最後の部分にある注意。

2. ワープロの使用を勧める。

   グラフなどもできる限りパソコンを用いて書くこと。やむをえず手で書く場合は丁寧さ (印刷品質) を要求する。**汚い文字のレポートは採点しない。**パソコンでの数値や記号、単位を書くことに慣れること。

3. 引用

   ワープロ使用で、他人のレポートの一部もしくは全部をコピーして使用した場合には、コピーした本人およびコピーを提供した学生の点数はゼロとする。ただし、図や同じグループの実験結果など複写して使うことが許されたものはその限りではない。

4. 再提出、再実験

   再提出・修正のために実験レポートが返却された場合，指定日時を過ぎた時点で「自動的に不受理」扱いとし、再実験を指定日に行う。

成績評価

実験 (2 回) およびレポート (事前レポート、実験レポート：各 2 通) の提出を必須。

また、授業時間内の**質問は加点**する。「質問」であって「聞き直し」や「確認」ではない。同時に受講態度も採点のうちに入れる。レポートを提出しても授業中に**集中を欠いた者、私語する者は不可**を付ける場合がある。

レポートの採点基準は、

- 実験手順の詳細さ。他者が君のレポートを見て同じ実験した場合、まったく同じデータが測定できる手順となっているかどうか。
- データを良く見て，何が疑問か、新たに何がわかったのかを記述してあること。
- 図や表は、「書き方」に沿って記述してあり、データを整理する上で、結論がわかり易い図か、表か、わかりやすくまとめられているか。破線、細線などは効率よく使用されているか。
- 図表のデータの中で、測定したものと計算したものは区別されているか
- その他、データ整理の工夫の度合

を総合する。

評価はこれらを総合判断する。当然ながら、**出席点はない**。

第１回事前レポート課題

次の学習項目に対して事前に調査してくること。第 1 回実験の開始時に A4 レポート用紙に記入して提出する。

また、三角関数の計算、指数計算・対数計算が十分にできること。実験前にテストすることがある。

1. 次の問いに答よ

   (a) 単位ではない桁記号といわれる記号がある。キロ (k ^{3}) などである。この桁記号について、次のものの読み方、それが 10 の何乗かを答よ。
   (1) k、(2) M、(3) d, (4) c, (5) D, (6) m, (7) n, (8) μ、(9) G (10) p

   (b) DC とは、AC とは?。具体例で説明せよ。

   (c) 単位 Hz と周期の関係を説明せよ。200Hz の信号の周期は？。

   (d) 関東と関西の商用電源の周波数と電圧、交直流の区別を答えよ。

   (e) 電圧を□□る。電流を□□□。など、□の中は？。電気関連の言葉に対する動詞はほぼ決まっている。間違って使用している場合は修正する。

   (f) オームの法則とはどんな法則？。

   (g) 水道やガスは１口で供給される。なぜ 100V 電源は２口端子なのか、

第1回実験　各種測定機器による交流電圧の測定

実験内容：①基本測定機器の諸元 (特性) の調査と使用法の理解、② 各種電源電圧の測定・評価、③オシロスコープの使用方法、④交流電圧と実効値

1　学習項目

- 交流と直流の違い
- 商用電源の種類と特徴
- 検電ドライバーの原理と使いかた
- 電流計と電圧計の構造と原理
- デジタルテスターとアナログテスターの違いと原理
- 精度と分解能
- オシロスコープに交流電圧の測定
- リサージュ波形の表示と用途

2　実験手順

テスターは、回路計とかマルチメーターといい、直流や交流の電圧，電流や電気抵抗を測定できる。同じ電圧測定でも，レンジがあり、どのレンジを使って測ったかを記録しなければならない。

- 機材準備

諸元 (定格・特性)

機材名称	メーカー名	型 式	内部抵抗 精度など
アナログ式テスター			
デジタル式テスター			
抵抗			
乾電池			
検電ドライバー			
電源ケーブル			

2.1　実験手順)

1. 3ピン式コンセント付 100VAC 電源ケーブルを用意。
2. テーブルタップを接続する。

3. アース線付実験用電源ケーブル端子台を実験テーブルにセット

4. 電源ケーブル端子台 (図 1) を赤黒ケーブルをコンセントに接続。

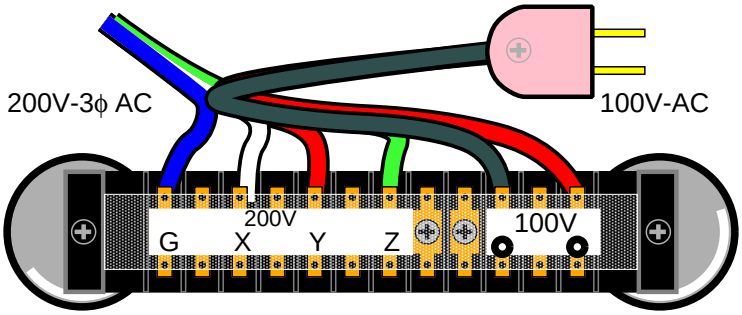

図 1　実験用ケーブル端子台

感電事故防止のために端子台の線と端子の関係を文字の意味を理解すること。

5. 検電ドライバー (図 2) を用いて 100V の赤黒端子に電気が来ているかどうかをチェック。

検電ドライバーの内部回路
(検電ドライバの中にはネオンランプと抵抗が入っている。どのように入っているかを書け。図と名称を記入する。)

図 2　検電ドライバー

- 100V 両端子の点灯　赤端子 □ 点灯、　□ 非点灯
  黒端子 □ 点灯、　□ 非点灯
- 検電ドライバの使い方を書け。検電ドライバのランプには電流が流れて点灯する。電流はどこからどこに流れるのか？。
- 100VAC にはホットラインとコールドラインがある。なぜ、コールドラインがあるかを考え、どっちがホットラインか答えよ。

■ この実験でわかったことをまとめる.

6. 200VAC を通電後、検電ドライバーを用いて 200V の XYZG 端子に電気が来ているかどうかをチェック。

- 200V 両端子の点灯　X 端子 □ 点灯、　□ 非点灯
  Y 端子 □ 点灯、　□ 非点灯

Z 端子 □ 点灯、　　□ 非点灯
G 端子 □ 点灯、　　□ 非点灯

■ この実験でわかったことをまとめる．

7. テスター (マルチメータ) の使用法のチェック.

   取り扱い説明書 (マニュアル) を読み下記のテーブルの DCV 入力インピーダンスを記入し、与えられた抵抗の抵抗値、電池の電圧をレンジに注意して測定せよ．レンジの記入を忘れないこと

	アナログテスター	デジタルテスター
1. DCV 入力インピーダンス		
2. 配布既知抵抗の抵抗値測定	Ω	Ω
3. 電池の電圧測定	V	V

■ この実験でわかったことをまとめる．

8. アナログテスター、デジタルテスターを用いて感電しないように、交流200VACの次の電圧を測る。レンジの記入を忘れないこと

   G 端子と 200V 端子の電圧

	アナログテスター	デジタルテスター
1. G 端子-X 端子	V	V
2. G 端子-Y 端子	V	V
3. G 端子-Z 端子	V	V

   200V 端子間の電圧

	アナログテスター	デジタルテスター
1. X 端子-Y 端子	V	V
2. Y 端子-Z 端子	V	V
3. Z 端子-X 端子	V	V

■ この実験でわかったことをまとめる． 特に端子間電圧をはかって、それぞれの線の電位差を考えてみよ。(電位差は電圧の差のこと。電圧差とはいわないので注意)

9. 計測器では読むことのできる数値の桁数には限界がある。アナログテスター、デジタルテスターについて次の意味を測定例をあげて説明しなさい。

   - 測定精度は
   - 測定器の分解能は
   - 有効数字は

3　オシロスコープによる実験の手順と実験

ここではオシロスコープを操作すること、オシロスコープを用いて電圧や周波数を測定することを学習する。原理については第２週のテキストを参照すること。

3.1　諸元 (定格・特性)

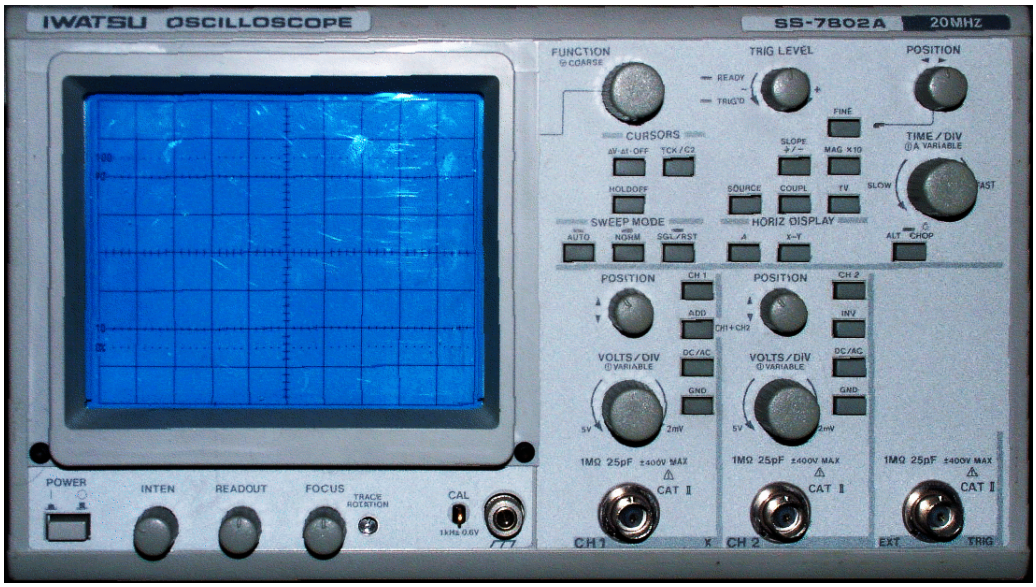

図３　オシロスコープ (実際と異なることがある)

機材	メーカー名	型　　式	仕　　様
オッシロスコープ			入力インピーダンス 最高周波数 その他
プローブ			

オシロスコープ取扱説明書を読み、パネルの各ボタンやつまみの機能を知る。表１の空欄を埋め、機能を把握せよ。

3.2　オシロスコープの準備

① プローブ１本を入力 (BNC) 端子 A に接続する。

② オシロスコープ取扱説明書を読み、使用するオシロスコープの初期設定を行う.
チャンネルの指定、電圧を変える、掃引速度を変えるなどの操作ができること。その方法をどのつまみやボタンをどのように操作したかレポートに書く。

表1　オシロスコープのつまみ，ボタンのラベル

英語名称	意味	英語名称	意味
POWER	_____	INPUT1(2) 1MΩ 25pF	_____
INTENS	_____	CH1	_____
FOCUS	_____	ADD	_____
CAL(1kHz 0.6V)	_____	DC/AC	_____
FUNCTION/COURSE	_____	GND	_____
CURSORS	_____	TRIG(ger) LEVEL	_____
ΔV-Δt-OFF	_____	SLOPE	_____
SWEEP MODE	時間軸モード	SOURCE	_____
AUTO	連続自動	COUPLE	_____
NORMAL	通常条件で	TV	_____
SGL/RST	単発/リセット	HORIZ(ontal) DISPLAY	水平表示
POSITION ▲▼	_____	A	*V*-*t* 通常表示
VOLTS/DIV	_____	X-Y	XY 表示
TIME/DIV	_____	FINE	_____
ALT/CHOP	_____	MAG x10	_____
EXT TRIG	_____	POSITION ◄►	_____

1. つまみ VOLTS/DIV を回して最大のレンジと最小のレンジを調べよ。
   最大レンジ:_____V/DIV，最小レンジ:_____V/DIV,
2. つまみ TIME/DIV を回して最大のレンジと最小のレンジを調べよ。
   最大レンジ:_____s/DIV，最小レンジ:_____s/DIV,

③ 枚正波形 (CAL) 利用による電圧スケール、時間スケールの確認

出力電圧	Vp-p	周波数	Hz
CH-A 入力レンジ	V/DIV	掃引レンジ	s/DIV
電圧の高さ	DIV	時間一周期の長さ	DIV
計算電圧	V	計算周期	s

■ この実験でわかったことをまとめる．プローブに x10 のスイッチがある理由、CAL は何をするためにあるのか、CAL でチェックした結果が正しいかなど

3.3　波形のスケッチ

- 図 4 の中の箱には単位が入っている。意味を漢字で正しく用語を記入せよ．
- プローブの倍率を _____ にする。
- プローブのアースクリップを 100V のコールドラインに、プローブフックをホットラインにつなぐ。

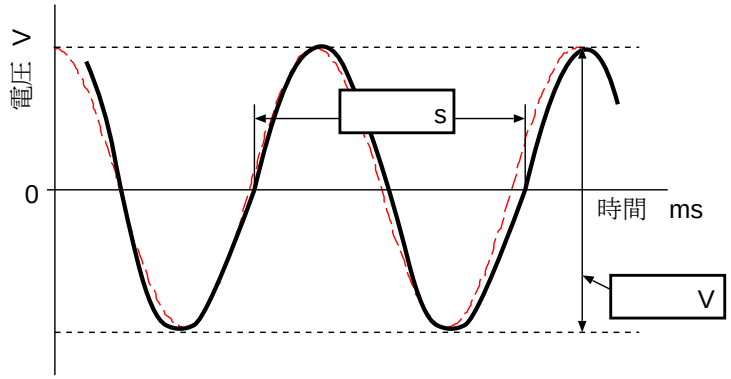

図 4　交流波形 (決してきれいなサイン波でなく、少し歪んだ形であることが多い。正確にスケッチし、縦軸横軸をしっかり書く。)

- オシロスコープの水平表示の A ボタンを押し、電圧レンジと時間スイープレンジを調整して画面に波形を表示する。
- SOURCE を適切にセットし，トリガーレベルを回してトリガー LED が点滅する状態にする。
- オッシロスコープに表れた波形を縦軸横軸を数値で示し、正弦波からのずれがよく分かるように正確にスケッチせよ。
  また、自分が測定しているのは 50Hz の交流 100V であることを理解し、表示された波形の縦方向の高さが何 V か、横軸は何 s であるかを確認しなさい。

■ **この実験でわかったことをまとめる．**スケッチした波形のどこが 100V であるのかなど課題と関連することをメモする

3.4　課題

■ 交流波形には図 4 のような言葉が用いられる。また、図に表せない重要な用語に**実効電圧**がある。実効値 (**実効電圧**) の意味を調査し求め方を記述する。

■ 商用電源の交流 100V の波形を観察して、正弦波で変化し、100V になっていないことを確認する。観察した電圧波形の何が “100V” であるのかを考え、レポートに書け。

第２回事前レポート課題

次の学習項目に対して事前に調査してくること。第 2 回実験の開始時に A4 レポート用紙に記入して提出する。

また、三角関数の計算、指数計算・対数計算が十分にできること。実験前にテストすることがある。これには 10^n の計算，k(キロ)、M(メガ)、μ(マイクロ) などの桁記号も含める。

1. リサージュ図形の書き方のついて調査せよ。また、リサージュ図形のサンプルとなる図形を書いてみよ。そして、図形を見ることで、周波数と位相差がわかるとされている。
   周波数、位相差の意味を理解したところをレポートに書き、リサージュ図形からどうすれば周波数と位相差がわかるのかを解説せよ。
2. 以下の回路のように、内部抵抗 R の電圧計 (内部は電流計) で電池の起電力 (電池の真の出力)E を測定しようとしている。ところが、電池には内部抵抗 r があるので回路に流れる電流 i によって電圧降下があり、電圧計では真の出力電圧は測れない。
   正しく、電圧計の読み V が電池の起電力 E とほぼ等しい $V \simeq E$ として測定するためには、内部抵抗 R をどのような値にすればよいか。また、この誤差を 1/1000 にして有効数字３桁の精度とするための抵抗の比 R/r を示せ。

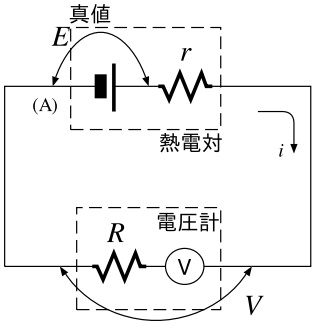

図 電池と電圧計の回路

第２週実験日 集合場所：機械工場内講義室

実験内容：①リサージュ波形の理解 ②測定器内部抵抗と測定値③真値の推定と信頼度

第２回 電圧計内部抵抗値が測定値に及ぼす影響

第１回分の未完がある場合には継続実験を行う

学習項目　内部抵抗値の異なる４種類の電圧計を用いて都市ガス火炎内に挿入した熱電対の起電力を測定し、供試電圧計の内部抵抗値が測定値にどのように影響するかを考察する。

- リサージュ波形の観察
- 熱電対温度計の原理
- 電圧計の内部抵抗による測定誤差の評価‥‥・事前レポートにて学乳
- 誤差要因の理楓
- 測定値の統計処理 (平均値、変動率、実験式の求め方など).

4　オシロスコープによるリサージュ波形実験

オシロスコープの構造

オシロスコープの構造を図５にしめす。電子銃から打ち出された電子線は水平ヨークと垂直ヨークによって曲げられて、ブラウン管表面の任意の場所で輝点となる。この２つのヨークに掛ける電圧によってこの輝点を自由に動かせる。

学習項目

- オシロスコープの原理を取扱説明書をよく読んで理解する。
- 位相特性の測定
- リサージュ波形の原理
- リサージュ波形の応用

リサージュ波形の観察

1. CH1 に交流 100V を入力 CH2 に発振器出力を接続する.
2. 発振器の周波数を変化させて次のような図形をつくり出す。
3. そのときの周波数をメモし，リサージュ波形のスケッチをする.
4. 図形と周波数とどのような関係があるかを考察せよ.

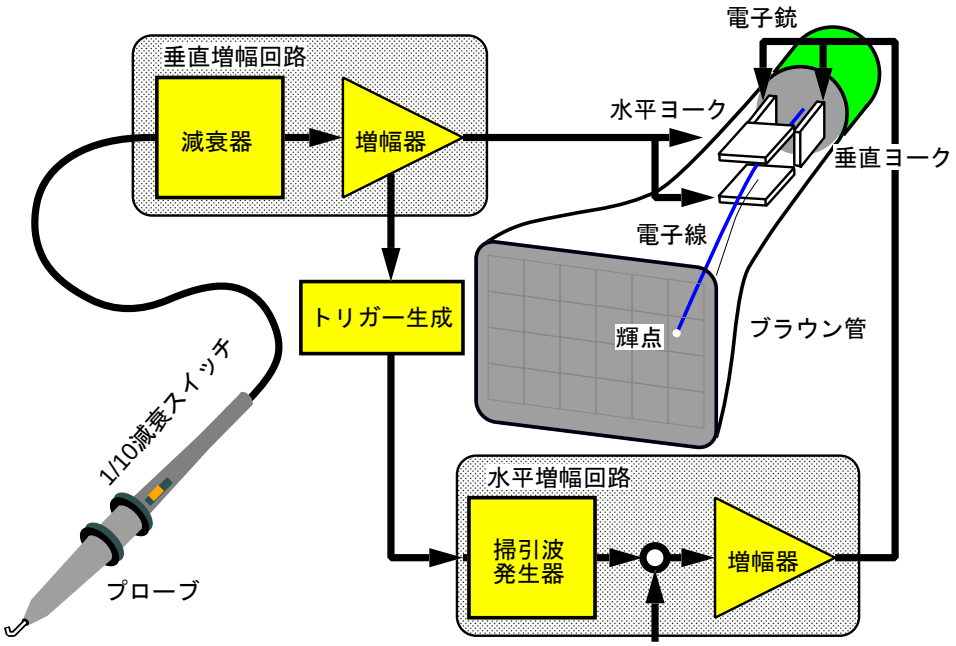

図 5　オシロスコープの原理図

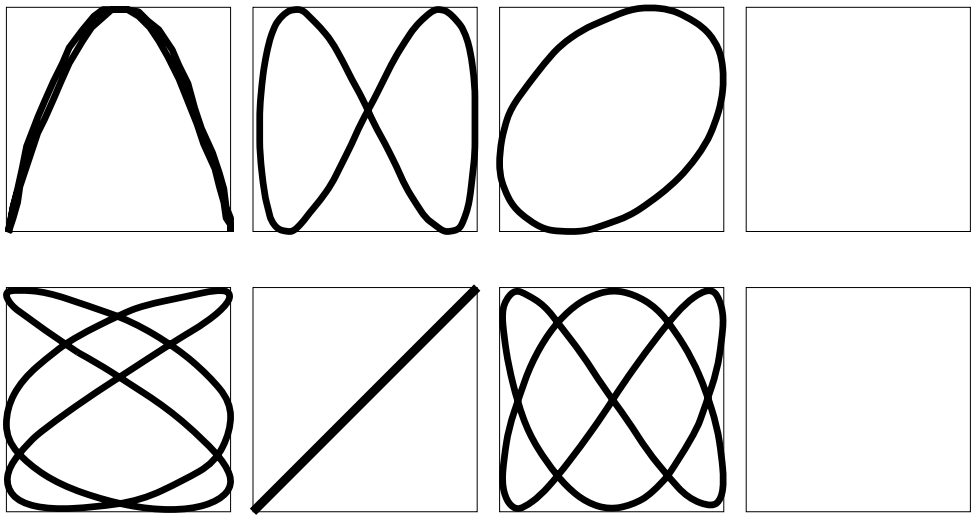

図 6　リサージュ波形 (空欄は時間内に指示する)

リサージュ波形の作画

原理が理解できれば、作図することができる。今、a, b, c を適当な数として

$$\begin{aligned} x &= \sin(at + c) \\ y &= \sin(bt) \end{aligned} \tag{1}$$

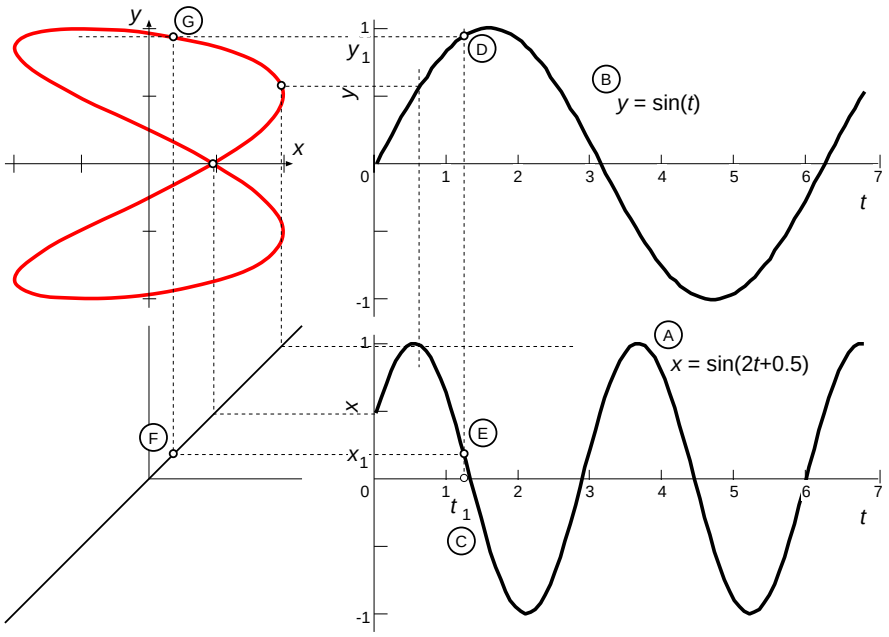

図 7　リサージュ波形の書き方

として t を変化させながら、(x, y) の図を書けばリサージュ波形を書くことができる。図 7 のように次に示す方法で書くこともできる。

準備　まず、図 7 のようにグラフを y 軸となる関数、x となる関数を縦に並べて右側に書く。関数 y の図の左にリサージュを書く図を準備する。この横軸は関数 y の横軸と同じ高さに書く。リサージュの縦軸と関数 x の横軸の延長が交差する関数 x の図の左側に、図のように 45° の直線を引く。

作画　準備ができたら、t を 0 から変化させる。ある t_1 での x_1, y_1 の値を求める。これが図中のⒹとⒺである。Ⓓから水平に軸に並行に線を引く。また、Ⓔから同様に水平に軸に並行に線を引き、45° の線と交わるⒻから上に垂直に線を延ばすと，Ⓖとなる。

次に、t_2 を決めて、同様にすると次々と交点が求まるのでそれらをつないでリサージュ波形となる。

課題

1. 図 6 で実験中に与えられた Y 軸周波数を答よ。
2. 図形と周波数とはどのような関係があるかを考察せよ.
3. 式 (1) で、

$$a \quad = \quad \text{学籍番号の下 2 桁を 3 で割った余りの } 1/2\text{，割りきれたときは } 3/2 \text{ とする。}$$

b ＝ 1

c ＝ 学籍番号の下２桁に誕生日の月を加えて 1/30 したもの

として、リサージュ波形を描け。レポートには $a, b, c,$ の値を計算して報告すること。
この計算は表計算ソフトを用いること。ただし、図 7 のように手で描いたように図をレイアウトし、用いた過程をレポートに書くこと。

5　熱電対を用いた温度の測定

実験器材

表 2　使用機器の諸元 (定格・特性)

機材	メーカー	型 式	備　　考
K 型熱電対	坂口電熱	接地シース型	ϕ1.0mm×100mm, 導線 2m
マグネットスタンド	日機 (株)	NM-K	
ブンゼンバーナ	東京硝子器械		都市ガス用
マルチ電圧計	国士舘大学	—	４電圧計＋１外部、切替 Sw

- K型熱電対 (図 8)

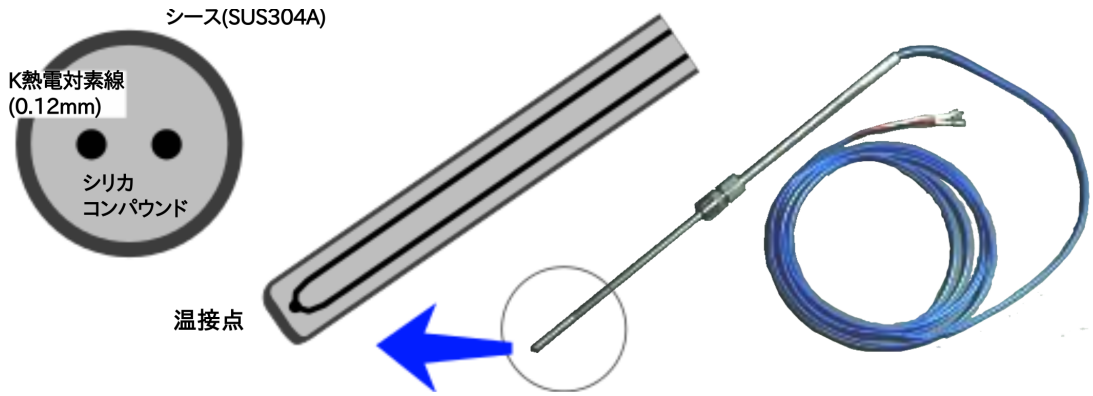

図 8　シース型K熱電対と先端断面

- マグネットスタンド
- 測定機器：マルチ電圧計 (4 ＋外付け 1 入力端子、入力切替え SW (図 9)
- ブンゼンバーナ

実験　実験の準備を行ったら、慎重に実験を実施し、各自考察・評価を行う

1. 実験器材の準備マルチ電圧計、熱電対、デジタル、アナログテスターを用意する。マルチ電圧計の内部回路図を書く。

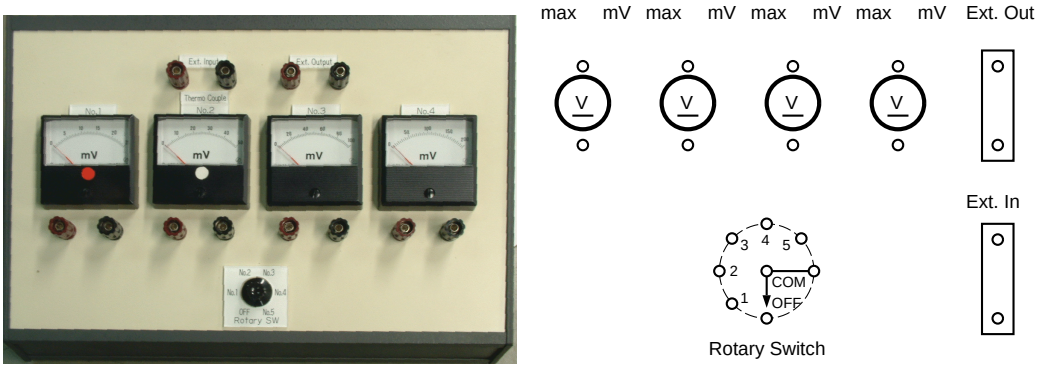

図 9　マルチ電圧計の外観と内部回路図

2. 取扱説明書からアナログテスターとデジタルテスターの DCV 測定時の内部抵抗を読み取り記録する。
3. 実験のための接続回路図 (配線図ではない) を書く。
4. テスターで熱電対の抵抗の計測し、表に記入する。
5. テスターで使用する mV 電圧計の内部抵抗 (4 種) を測定し、表に記入する。
6. 接続図にしたがって配線する.
   熱電対のコネクター部を図 10 のようにマルチ電圧計の Ext.IN に接続する。
   NO.5 にはデジタルテスター、アナログテスターを接続する。

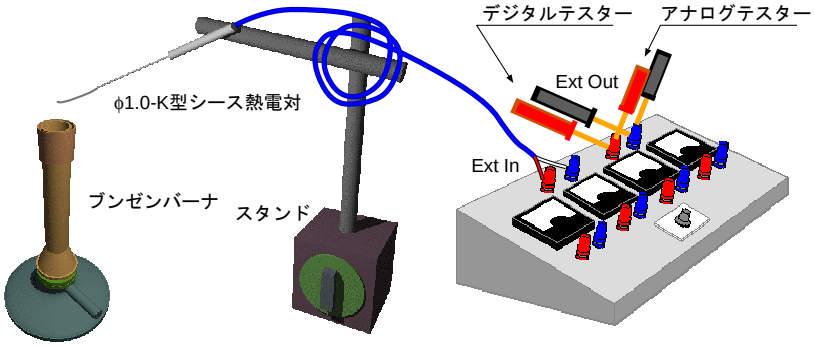

図 10　熱電対で火炎の温度を測定する実験の接続図

7. 此の実験での熱電対は最大 25mV であることに留意してアナログテスターとデジタルテスターのレンジを正しく決める。
8. ロータリスイッチを NO.1 に合わせる。
9. ガスバーナーに点火し、内炎・外炎が安定するように空気多めで調整する。
10. 火炎が安定したら炎の揺れにくい火炎部の端に熱電対の先端を入れる。
    出力電圧がおおよそ 20〜24mV となるように熱電対位置を調整する。
11. ロータリ SW を NO1〜NO5 に順次切り替え熱電対の起電力を 6 種の電圧計で計測して記録する。繰り返し 10 回測定する。
    刻々と変化する火炎の温度を比較するために、

NO.1 を 10 回測り、NO.2 を 10 回測り、、、NO.5 を 10 回測って行く方法と NO.1,NO.2 ... NO.5 と測り、再び NO.1,NO.2 ... NO.5 と 10 回繰り返す方法のどちらが正しい方法かを考えて、各電圧計で 10 回のデータを取り、次のような表を作成する。真の値を求めるのはレポートを書くときに行う。

12. アナログテスターでは読み取りを間違えないようにする。
マルチ電圧計の指示値の読み取り時には、**有効数字と読み取り誤差の関係**に注意すること.
高校時代の物理教科書に詳しく説明されているので、読むこと.
13. データ整理.
下記のような図表を各自作成するとデ」タ整理が容易となる。工夫せよ．それぞれの電圧計 (NO1〜4) での測定値を用いて起電力の真値を推定。その結果より、電圧計の内部抵抗による測定誤差を求めよ。
14. 熱起電力の推定と測定誤差の評価.
電圧計により測定値が異なる理由を考える．事前レポートの結果を活用し正しい起電力値を推定する.
15. 平均と誤差は次のように計算する。
    - 平均値　$\overline{x} = \dfrac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} x_i$、
    - バラツキ (標準偏差)　$\sigma = \sqrt{\dfrac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2}$、
    - 誤差率　$e_x = \dfrac{\sigma}{\overline{x}}$
16. 真値１の求め方.

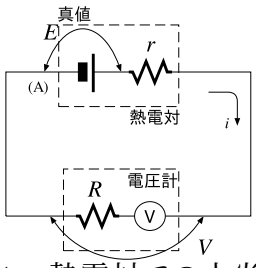

図 11　熱電対での火炎の温度を測定する図

それぞれの電圧計 (NO.1〜4, テスター) での測定値を用いて起電力の真値を推定。その結果より、電圧計の内部抵抗による測定誤差を求めよ。

真値１は、左の図で電圧計の指示値 V から真の起電力 E を求める式を用いて計算する。キルヒホッフの法則から、$E = ir + iR$ であり、測定電圧は $V = iR$ であるので、これらから $E = \left(1 + \dfrac{r}{R}\right) V$ となる。これから真値 E を算出する。

17. 真値２の求め方.
一方、真値２では、この式から、$R \gg r$ であれば、r/R を無視して、$E \approx V$ とできるので、６つの電圧計の内、最も大きな内部抵抗 R を持つ電圧計の指示値 ≈ 真の起電力とみなす。これを真値２として誤差を計算する。
18. 起電力から温度を求める方法。

平均値の電圧を**温度に正確に換算してレポートに書く**。K 型熱電対の起電力表 3 を用いよ。

この表の使いかたで、図 12 に示すように起電力を 15.68 mV とすると 380℃と 390℃の間になる。この間を図にする。そして、この図の x に示すように比例計算をすると温度が求められる。

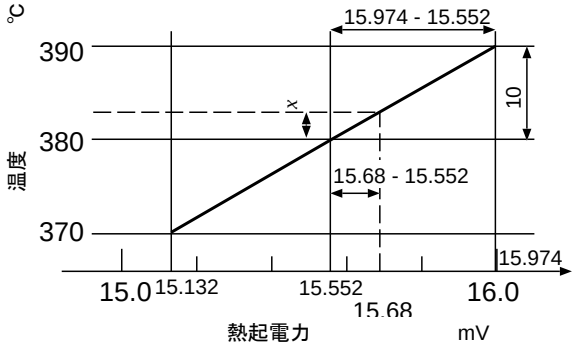

図 12　15.68mV の起電力を温度に換算する図

ある起電力 e に対して、この e を挟む 2 つの起電力と温度を求めて、(e_1, T_1)、(e_2, T_2) とする。すると、e に対応する温度 T は

$$T = \frac{T_2 - T_1}{e_2 - e_1}(e - e_1) + T_1$$

となる。

表 4　電圧測定結果の表

電圧計番号	NO.1(25mV)	NO.2(50mV)	NO.3(100mV)	NO.4(200mV)	デジタルテスタ	アナログテスタ
熱電対内部抵抗　Ω	–	–	–	–		
電圧計内部抵抗　Ω					*)	*)
測定結果　1　mV						
測定結果　2　mV						
測定結果　3　mV						
測定結果　4　mV						
測定結果　5　mV						
測定結果　6　mV						
測定結果　7　mV						
測定結果　8　mV						
測定結果　9　mV						
測定結果　10　mV						
測定回数　–						
測定平均値　mV						
バラツキ　mV						
誤差率　%						
真値１　mV						
真値１の温度　℃						
真値１での誤差　%						
真値２　mV						
真値２での誤差　%						

*) 測定できないので、取扱説明書から DCV の内部抵抗を読み出す。

表 3　K 型熱電対の起電力 mV

温度℃	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90
0	-0	0.397	0.798	1.203	1.611	2.022	2.436	2.850	3.266	3.681
100	4.095	4.508	4.919	5.327	5.733	6.137	6.539	6.939	7.338	7.737
200	8.137	8.537	8.938	9.341	9.745	10.151	10.560	10.969	11.381	11.793
300	12.207	12.623	13.039	13.456	13.874	14.292	14.712	15.132	15.552	15.974
400	16.395	16.818	17.241	17.664	18.088	18.513	18.938	19.363	19.788	20.214
500	20.640	21.066	21.493	21.919	22.346	22.772	23.198	23.624	24.050	24.476
600	24.902	25.327	25.751	26.176	26.599	27.022	27.445	27.867	28.288	28.709
700	29.128	29.547	29.965	30.383	30.799	31.214	31.629	32.042	32.455	32.866
800	33.277	33.686	34.095	34.502	34.909	35.314	35.718	36.121	36.524	36.925
900	37.325	37.724	38.122	38.519	38.915	39.310	39.703	40.096	40.488	40.879
1000	41.269	41.657	42.045	42.432	42.817	43.202	43.585	43.968	44.349	44.729
1100	45.108	45.486	45.863	46.238	46.612	46.985	47.356	47.726	48.095	48.462
1200	48.828	49.192	49.555	49.916	50.276	50.633	50.990	51.344	51.697	52.049
1300	52.398	52.747	53.093	53.439	53.782	54.125	54.466	54.807		

例えば、22.346mV では、540℃ と読む。